

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



IFW

612.43696X00

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

Applicant(s): C. BEAUDUCEL, et al

Serial No.: 10/815,676

Filed: April 2, 2004

Title: METHOD FOR DETERMINING THE COMPOSITION OF A FLUID

**LETTER CLAIMING RIGHT OF PRIORITY**

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

June 10, 2004

Sir:

Under the provisions of 35 USC 119 and 37 CFR 1.55, the applicant(s) hereby  
claim(s) the right of priority based on:

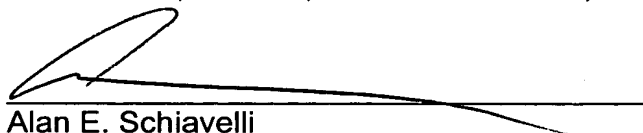
**French Patent Application No. 0304268**  
**Filed: April 4, 2003**

**French Patent Application No. 0304269**  
**Filed: April 4, 2003**

Certified copies of said French Patent Applications are attached.

Respectfully submitted,

ANTONELLI, TERRY, STOUT & KRAUS, LLP

  
Alan E. Schiavelli  
Registration No.: 32,087

AES/rr  
Attachment



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



3

# BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

### COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le **16 MARS 2004**

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint Petersburg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
www.inpi.fr

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

# BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

**cerfa**  
N° 11354\*02

## REQUÊTE EN DÉLIVRANCE page 1/2

**BR1**

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 @ W / 010801

<b>Réserve à l'INPI</b> RÉMISE DES PIÈCES DATE - 4 AVR. 2003 LIEU 99 N° D'ENREGISTREMENT 0304268 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE - 4 AVR. 2003 PAR L'INPI		<b>1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE</b> INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE Direction Propriété Industrielle 1 & 4 Avenue de Bois Préau 92852 RUEIL MALMAISON CEDEX FRANCE	
<b>Vos références pour ce dossier (facultatif)</b> NAS/MB / hétérogène			
<b>Confirmation d'un dépôt par télécopie</b>		<input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie	
<b>2 NATURE DE LA DEMANDE</b>		<b>Cochez l'une des 4 cases suivantes</b>	
Demande de brevet.		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
<i>Demande de brevet initiale</i> <i>ou demande de certificat d'utilité initiale</i>		N°	Date
		N°	Date
Transformation d'une demande de brevet européen <i>Demande de brevet initiale</i>		<input type="checkbox"/>	Date
		N°	Date
<b>3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)</b> METHODE POUR DETERMINER LA COMPOSITION D'UN FLUIDE HOMOGENE OU HETEROGENE			
<b>4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE</b>		Pays ou organisation Date N° Pays ou organisation Date N° Pays ou organisation Date N° <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
<b>5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)</b>		<input checked="" type="checkbox"/> <b>Personne morale</b> <input type="checkbox"/> <b>Personne physique</b>	
Nom ou dénomination sociale		INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE	
Prénoms			
Forme juridique		Organisme Professionnel	
N° SIREN			
Code APE-NAF			
Domicile ou siège	Rue	1 & 4, Avenue de Bois Préau	
	Code postal et ville	92 852 RUEIL MALMAISON CEDEX	
	Pays	FRANCE	
Nationalité		Française	
N° de téléphone (facultatif)		01 47.52.62.72 N° de télécopie (facultatif) 01 47.52.70.03	
Adresse électronique (facultatif)			
<input type="checkbox"/> S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»			

Remplir impérativement la 2<sup>ème</sup> page

**BREVET D'INVENTION**  
**CERTIFICAT D'UTILITÉ**
**REQUÊTE EN DÉLIVRANCE**  
 page 2/2

**BR2**

REMISE DES PIÈCES DATE - 4 AVR. 2003 LIEU 99 N° D'ENREGISTREMENT 0304268 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		Réservé à l'INPI	DB 540 @ W / 010801
<b>Vos références pour ce dossier :</b> <i>(facultatif)</i>		NAS/MB / hétérogène	
<b>6 MANDATAIRE</b> <i>(s'il y a lieu)</i>			
Nom			
Prénom			
Cabinet ou Société			
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
	Pays		
N° de téléphone <i>(facultatif)</i>			
N° de télécopie <i>(facultatif)</i>			
Adresse électronique <i>(facultatif)</i>			
<b>7 INVENTEUR (S)</b>		<b>Les inventeurs sont nécessairement des personnes physiques</b>	
Les demandeurs et les inventeurs sont les mêmes personnes		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non : <b>Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'inventeur(s)</b>	
<b>8 RAPPORT DE RECHERCHE</b>		<b>Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)</b>	
Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Paiement échelonné de la redevance <i>(en deux versements)</i>		<b>Uniquement pour les personnes physiques effectuant elles-mêmes leur propre dépôt</b> <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
<b>9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES</b>		<b>Uniquement pour les personnes physiques</b> <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention <i>(joindre un avis de non-imposition)</i> <input type="checkbox"/> Obtenue antérieurement à ce dépôt pour cette invention <i>(joindre une copie de la décision d'admission à l'assistance gratuite ou indiquer sa référence) : AG</i>	
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes			
<b>10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire)  Alfred ELMALEH Directeur - Propriété Industrielle		<b>VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI</b>  M. MARTIN	



La présente invention a trait à une méthode pour déterminer la composition d'un fluide. Plus précisément, l'invention propose une méthode de traitement de valeurs représentant les caractéristiques de faisceaux d'ondes ayant traversé le fluide.

5 La méthode peut s'appliquer à un fluide homogène ou hétérogène. Par exemple, la méthode selon l'invention est adaptée à déterminer la position et la composition de plusieurs couches superposées de fluides. Par exemple, la méthode peut s'appliquer à un effluent pétrolier contenu dans un ballon de séparation ou en circulation dans une conduite. Selon les conditions  
10 d'exploitation de cet effluent, par exemple sous l'effet de la gravité, les différentes phases de l'effluent (eau, huile et gaz) se répartissent sous forme stratifiée, c'est à dire en plusieurs couches superposées de compositions distinctes et homogènes. La méthode permet de déterminer la position des couches d'eau, d'huile, de gaz, d'émulsion composée d'eau, d'huile et de gaz, et  
15 de mousse composée d'huile et de gaz, etc. De plus la méthode permet de déterminer la composition des couches monophasiques, d'émulsion et de mousse.

Le document FR 01/16.096 propose un ballon séparateur muni d'une  
20 première tige munie d'émetteurs de faisceaux micro-ondes, d'une deuxième tige munie de récepteurs de faisceaux micro-ondes. Une source de micro-ondes est connectée aux émetteurs. Des moyens de traitement enregistrent les caractéristiques des faisceaux captés par les récepteurs, ainsi que le faisceau de micro-onde émis par la source.

25

La présente invention propose une méthode de traitement des caractéristiques des faisceaux d'ondes captés par les récepteurs afin de déterminer la composition du fluide traversé par les faisceaux d'ondes.

De manière générale, la présente invention concerne une méthode pour déterminer la composition d'un fluide contenu dans un volume, dans laquelle on effectue les étapes suivantes:

- 5 a) on définit plusieurs tranches qui divisent ledit volume, chaque tranche comportant une partie dudit fluide,
- b) on mesure une famille de valeurs représentant les modifications d'un faisceau d'ondes ayant parcouru un trajet dans une première desdites tranches,
- 10 c) on détermine la composition de la partie dudit fluide située dans ladite première tranche en comparant les valeurs mesurées à l'étape b) avec un ensemble de familles de valeurs préalablement déterminées, chaque famille dudit ensemble caractérise un fluide de composition connue,
- d) on répète les étapes b) et c) pour chaque tranche définie à l'étape a), et
- 15 e) on détermine la composition globale dudit fluide à partir des compositions déterminées à l'étape c) et à partir de la définition des tranches de l'étape a).

Selon l'invention, à l'étape b), on peut mesurer l'atténuation et le déphasage d'un faisceau de micro-ondes et, à l'étape c), on peut déterminer la  
20 composition du fluide situé dans ladite première tranche en comparant l'atténuation et le déphasage mesurés à l'étape b) avec un ensemble de couple de valeurs d'atténuation et de déphasage préalablement déterminées, chaque couple dudit ensemble caractérise un fluide de composition connue.

25 Si le fluide comporte au moins deux phases en couches stratifiées, on peut déterminer la position desdites couches à partir des compositions déterminées à l'étape c) et à partir de la définition des tranches de l'étape a).

Les tranches définie à l'étape a) peuvent être superposées et séparées par des plans parallèles.

Selon l'invention, à l'étape c), on peut tenir compte au moins d'une des  
5 conditions suivantes: la pression, la température et la salinité dudit fluide.

Selon l'invention, à l'étape c), on peut utiliser un modèle permettant d'attribuer une composition à une famille de valeurs mesurées à l'étape b), le modèle étant construit à partir dudit ensemble de familles de valeurs. On peut  
10 utiliser un modèle statistique ou un modèle comportemental, du type linéaire, quadratique et réseau de neurones et on peut utiliser une régression du type linéaire, PLS ou réseau de neurones.

Si le fluide est un effluent pétrolier comportant de l'eau, de l'huile et du gaz, le modèle effectue l'opération 1 : la famille de valeurs est classée par analyse  
15 discriminante dans une des catégories suivantes : monophasique eau, monophasique huile, monophasique gaz ou polyphasique.

Si la famille de valeurs est classée dans une catégorie monophasique, alors la composition du fluide est déterminée.

Si la famille de valeurs est classée dans la catégorie polyphasique on effectue  
20 les opérations 2 et 3 :

Opération 2 : la famille de valeurs est classée dans une sous catégorie correspondant à un fluide comportant une phase dans une proportion comprise dans un intervalle fixe à l'intérieur de [0% ; 100%]

Opération 3 : on détermine la proportion de la phase correspondant à la sous-  
25 catégorie par régression sur l'intervalle fixe.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention seront mieux compris et apparaîtront clairement à la lecture de la description faite ci-après à titre d'exemple en se référant aux dessins parmi lesquels :

- la figure 1 schématise un dispositif de mesure,
- 5        - les figures 2 et 3 représentent deux exemples de fluides auxquels la méthode selon l'invention peut être appliquée,
- la figure 4 représente un diagramme de la méthode selon l'invention.

10        La méthode selon l'invention peut exploiter les mesures obtenues au moyen du dispositif de mesure schématisé par la figure 1. Le dispositif de mesure comporte une source 1 de faisceaux d'ondes connectée aux émetteurs E disposés sur la première ligne 2. Des récepteurs de faisceaux d'ondes R disposés sur une deuxième ligne 4 sont connectés aux moyens de mesure 6. Un  
15 fluide 7 est disposé dans l'espace situé entre la première ligne 2 et la deuxième ligne 4. Le multiplexeur 3 permet de connecter la source 1 à l'un quelconque des émetteurs E. Ainsi, l'émetteur qui est connecté à la source 1 émet un faisceau d'onde qui se propage dans le fluide 7. On considère que les faisceaux d'ondes se propagent suivant des lignes droites dans le fluide 7. Le  
20 multiplexeur 5 permet de connecter l'un quelconque des récepteurs R aux moyens de mesure 6. Les moyens de mesure 6 sont également connectés à la source 1. Ainsi, les moyens de mesure 6 peuvent enregistrer les caractéristiques du faisceau d'ondes captées par le récepteur qui est connecté aux moyens de mesure 6 et les caractéristiques du faisceau d'ondes  
25 directement émis par la source 1.

Les lignes 2 et 4 peuvent être en forme de courbes, en forme de droites parallèles ou non parallèles. Les émetteurs peuvent être disposés à intervalle régulier sur la première ligne 2 (c'est à dire que la valeur de la distance qui sépare deux émetteurs adjacents est identique pour tous les émetteurs) et/ou

les récepteurs peuvent être disposés à intervalle régulier sur la deuxième ligne 4 (c'est à dire que la valeur de la distance qui sépare deux récepteurs adjacents est identique pour tous les récepteurs). Lorsque les émetteurs et les récepteurs sont disposés à intervalle régulier sur les lignes 2 et 4, la valeur de l'intervalle 5 séparant deux émetteurs adjacents peut être égale à, ou être, un multiple entier de la valeur de l'intervalle séparant deux récepteurs adjacents.

Les lignes 2 et 4 peuvent être situées sur les parois d'une enceinte qui contient le fluide 7, par exemple sur la paroi d'une conduite dans laquelle circule le fluide 7. Les lignes 2 et 4 peuvent également être situées sur des 10 tiges qui plongent dans le fluide 7 contenu dans une enceinte, par exemple dans un ballon séparateur utilisé par l'industrie pétrolière.

Les émetteurs E et les récepteurs R sont des antennes connues de l'homme du métier, par exemple décrites en relation avec la figure 2 du document français E.N. 01/16096. Les émetteurs et les récepteurs peuvent être 15 de construction identique.

Selon l'invention, le type d'onde produit par la source 1 peut être choisi parmi les ondes de rayonnement électromagnétique telles que les micro-ondes, l'infra-rouge, le rayonnement nucléaire, la lumière optique, ou encore parmi les ondes acoustiques telles les ultrasons.

20 De manière générale, le fluide 7 peut être un fluide homogène, c'est à dire un fluide dont la composition est sensiblement identique pour toute partie du fluide ou, exprimé d'une autre manière, que les constituants du fluide sont répartis sensiblement identique dans l'ensemble du fluide. Le fluide 7 peut également être un fluide hétérogène, c'est à dire un fluide dont la composition 25 n'est pas identique pour toute partie du fluide ou, exprimé d'une autre manière, que les constituants du fluide sont répartis de manière inhomogène dans l'ensemble du fluide.

De manière générale, le fluide 7 peut être un fluide monophasique, c'est à dire composé d'un ou de plusieurs constituants qui se mélangent. Le

fluide 7 peut également être un fluide polyphasique, c'est à dire composé de plusieurs constituants qui ne se mélangent pas.

Par exemple le fluide 7 peut être un effluent pétrolier comportant de l'eau, de l'huile et/ou du gaz.

5        En référence à la figure 2, l'effluent pétrolier 10 peut être en écoulement turbulent dans une conduite 11. Dans ce cas la composition de l'effluent peut être homogène, c'est à dire que l'eau, l'huile et le gaz sont répartis de manière uniforme dans toute la conduite 11. Dans ce cas, la méthode permet de déterminer la teneur en eau, en huile et en gaz de  
10 l'effluent.

Selon une autre alternative schématisée par la figure 3, l'eau 20, l'huile 22 et le gaz 24 peuvent se répartir sous forme de couches stratifiées, par exemple lorsque l'effluent est en écoulement laminaire dans une conduite 25 ou lorsque l'effluent décante dans un ballon de séparation. Plus précisément,  
15 l'effluent peut se présenter sous la forme de couches superposées: une couche d'eau 20, une couche d'émulsion eau/huile/gaz 21, une couche d'huile 22, une couche de mousse huile/gaz 23 et une couche de gaz 24. Dans ce cas, la méthode permet notamment de déterminer la position des différentes couches et de déterminer la composition de chaque couche.

20

La méthode selon l'invention est décrite en relation avec le diagramme de la figure 4.

#### Etape A: Mesures

25        Le dispositif de mesure décrit en relation avec la figure 1 fonctionne par un double multiplexage en émission et en réception. La source 1 produit un faisceau d'ondes de fréquence  $f_1$  choisie. Le multiplexeur 3 connecte la source d'ondes 1 successivement avec chacun des émetteurs E. Ainsi les émetteurs émettent l'un après l'autre un faisceau d'ondes. Pendant le temps

d'émission d'un des émetteurs E, le multiplexeur 5 connecte successivement chacun des récepteurs R avec les moyens de mesure 6. Les moyens de mesures 6 mesurent également le faisceau d'ondes émis par la source 1. Ainsi, les moyens de mesure 6 mesurent les caractéristiques du faisceau d'ondes émis par un émetteur et capté par chacun des récepteurs. De cette manière, on peut mesurer le faisceau d'onde émis par un émetteur et capté par un récepteur, pour tous les couples d'émetteur-récepteur disponibles.

Les caractéristiques des ondes produites par la source 1 sont choisies de manière à ce que le faisceau d'ondes soit modifié par au moins l'un des composants du fluide 7 lorsqu'il se propage dans le fluide 7.

Par exemple la fréquence  $f_1$  du faisceau de micro-onde produit par la source 1 peut être choisie de manière à ce que le faisceau de micro-onde soit sensiblement modifié par l'un des constituants du fluide 7 lorsque le faisceau se propage dans le fluide 7, par exemple l'atténuation et le déphasage soient sensibles lorsque le faisceau se propage dans le fluide 7. Par exemple on choisit la fréquence  $f_1$  pour que le faisceau de micro-ondes soit sensiblement modifié lorsqu'il traverse le gaz naturel ( $\text{CH}_4$ ). Ainsi, en mesurant l'atténuation et le déphasage d'un faisceau de fréquence  $f_1$  ayant traversé un effluent pétrolier, on obtient une information sur la teneur en gaz naturel contenu dans cet effluent.

On peut répéter les mesures pour différentes caractéristiques d'onde produit par la source 1.

Par exemple, on peut répéter les mesures pour plusieurs fréquences de faisceaux de micro-ondes. On peut choisir les fréquences de sorte que pour chaque fréquence le faisceau de micro-ondes soit sensiblement modifié par un constituant du fluide et qu'à chaque fréquence différente, le faisceau soit sensiblement modifié par un composant différent. Pour un fluide pétrolier contenant de l'eau, de l'huile et/ou du gaz, on peut choisir les fréquences entre

1 GHz et 100 GHz, de préférence entre 2 GHz et 10 GHz, par exemple dans les quatre plages de fréquences suivantes:

fa [2 GHz; 2,7 GHz]

fb [2,7 GHz; 3,7 GHz]

5 fc [3,7 GHz; 6 GHz]

fd [6 GHz; 10 GHz]

#### Etape B : Structure des données

On détermine les modifications du faisceau d'ondes qui a traversé le  
10 fluide selon la distance séparant un émetteur E et un récepteur R, en  
connaissant les caractéristiques du faisceau d'ondes émis par cet émetteur  
(c'est à dire le faisceau émis par la source 1) et les caractéristiques du faisceau  
d'ondes capté par ce récepteur. Ces modifications sont quantifiées par une  
famille de valeurs, par exemple par l'atténuation, le déphasage, la direction ou  
15 la polarisation de l'onde qui a traversé le fluide. Par exemple, on détermine  
l'atténuation et le déphasage d'un faisceau de micro-onde qui a traversé le  
fluide sur la distance séparant un émetteur E et un récepteur R, en  
connaissant les caractéristiques du faisceau de micro-ondes émis par cet  
émetteur (c'est à dire le faisceau émis par la source 1) et les caractéristiques  
20 du faisceau de micro-ondes capté par ce récepteur.

Par exemple, les valeurs d'atténuation et de déphasage peuvent être  
classées dans une matrice de nombres complexes dont la composante  $M_{ij}$   
correspond aux valeurs d'atténuation et de déphasage du faisceau de fréquence  
flémi par l'émetteur  $i$  et capté par le récepteur  $j$ . Lorsque le dispositif de  
25 mesure comporte  $n$  émetteurs et  $m$  récepteurs, la matrice est de dimension  $n \times m$ .  
En effectuant les mesures pour les quatre fréquences fa, fb, fc et fd, on  
obtient quatre matrices, chacune correspondant à des mesures effectuées à  
chacune des quatre fréquences.



Lorsque les récepteurs et les émetteurs sont disposés sur deux lignes droites et parallèles à intervalles réguliers et égaux, les valeurs situées sur une même diagonale de la matrice correspondent aux valeurs d'atténuation et de déphasage des faisceaux ayant parcouru un trajet entre un émetteur et un récepteur séparés par une même distance. Ainsi, les mesures correspondantes des faisceaux d'onde ayant parcouru une même distance dans le fluide se situent sur une même diagonale de la matrice.

#### Etape C : Détermination de la composition du fluide

Pour construire une cartographie du fluide 7, on découpe le volume dans lequel est situé le fluide, c'est à dire l'espace compris entre les lignes 2 et 4, en tranches T. Chaque tranche T peut être définie par le volume situé entre deux surfaces, par exemple entre deux plans, deux plans parallèles ou deux plans horizontaux. Sur la figure 1, les tranches T consistent en des volumes situés entre des plans horizontaux, les tranches étant superposées. Dans ce cas, les tranches peuvent être d'épaisseur constante ou variable. Les tranches T peuvent être choisies de manière à ce qu'une tranche T comporte au moins un émetteur E et au moins un récepteur R disposés sur les lignes 2 et 4. Dans la tranche T, l'émetteur et le récepteur peuvent être positionnés à un endroit quelconque respectivement sur les lignes 2 et 4. Par exemple, l'émetteur E, respectivement le récepteur R, peut être disposé sur la ligne 2, respectivement sur la ligne 4, sur l'une des surfaces frontières de la tranche T. La distance entre l'émetteur et le récepteur est connue.

Par ailleurs, on a créé une banque de données expérimentales des configurations possibles du fluide 7 (par exemple monophasique, polyphasique, stratifié, dispersé, émulsionné...) et des configurations expérimentales (par exemple pression, température, salinité, etc...), la composition du fluide 7 étant connue. Chaque expérience donne lieu à des mesures associées à la configuration du fluide 7, aux conditions expérimentales et aux modifications

de faisceaux d'ondes ayant traversé le fluide. Les modifications de faisceaux d'ondes ainsi que les conditions expérimentales sont caractérisées par une famille de valeurs qui comporte, par exemple, les valeurs d'atténuation, de déphasage, de température, de pression, de salinité. Ainsi, la banque de données regroupe, pour chaque expérience effectuée sur un fluide de composition connue, les mesures des configurations expérimentales et les valeurs représentant les modifications de faisceaux d'onde ayant traversé le fluide. Les valeurs utilisées peuvent être des valeurs directes et/ou des combinaisons des valeurs directes (par multiplication, par transformations trigonométriques, logarithmiques, exponentielles, etc.)

Cette famille de valeurs sera utilisée par la suite en entrée du modèle, décrit ci-après, pour déterminer le type de fluide (monophasique, émulsionné, ...) et les proportions de chaque phase composant le fluide.

A partir de la banque de donnée, on construit un modèle qui permet d'attribuer une composition connue à une famille de valeurs, c'est à dire qu'en entrant dans le modèle une famille de valeurs, il répond en donnant le type et la composition de fluide. Le modèle est construit en utilisant des méthodes connues de l'homme du métier telles un modèle statistique ou comportemental utilisant une fonction polynomiale, un réseau de neurone ou une analyse discriminante.

Ainsi, pour déterminer la composition du fluide situé dans une tranche T, on utilise le modèle préalablement construit à partir de la base de données: le modèle détermine la composition du fluide à partir de la famille de valeurs représentant les modifications du faisceau d'ondes ayant traversé le fluide de composition inconnue dans cette tranche T.

De plus, pour améliorer la précision de l'estimation de la composition, on peut prendre en compte notamment la salinité, la pression et/ou la

température du fluide de composition inconnue. La salinité, la pression et la température peuvent être mesurées par des capteurs disposés dans le fluide.

Dans ce cas, la base de données comporte également les valeurs de salinité, de pression et/ou de température: chaque famille de valeurs de la  
5 banque de données caractérise un fluide connu à une salinité, une pression et/ou une température connue.

Le modèle construit à partir de la base de données prend également en compte les valeurs de salinité, de pression et/ou de température. Ainsi, le modèle permet d'attribuer une composition de fluide à une famille de valeurs  
10 représentant les modifications du faisceau d'ondes ayant traversé le fluide de composition inconnue, complétée des valeurs de salinité, de pression et/ou de température de ce fluide de composition inconnue. En d'autres termes, en donnant au modèle une famille de valeurs ainsi que les valeurs de salinité, de pression et/ou de température, il répond en donnant une composition de fluide.

15

Selon l'invention le modèle construit à partir de la base de données peut opérer selon une succession d'opérations décrites ci-après.

De manière générale, le fluide de composition inconnue est susceptible  
20 de comporter plusieurs phases. Par exemple, le fluide est un effluent pétrolier comportant de l'eau, de l'huile et du gaz.

Pour déterminer la composition du fluide situé dans une tranche T, on utilise la famille de valeurs représentant les modifications du faisceau d'ondes ayant traversé le fluide de composition inconnue dans une tranche T, et  
25 éventuellement des valeurs de salinité, de pression et/ou de température.

#### Opération 1:

En premier lieu, les familles de valeurs de la base de données sont classées dans une des catégories "monophasique" ou dans la catégorie

"mélange". Chaque catégorie "monophasique" regroupe les familles de valeurs caractérisant un fluide composé d'une phase unique donnée. Il existe autant de catégories "monophasique" qu'il existe de phases différentes susceptibles de composer le fluide de composition inconnue. La catégorie "mélange" regroupe  
5 les familles de valeurs caractérisant un fluide composé de plusieurs phases, par exemple une émulsion de deux phases, de trois phases.

Le classement peut être effectué à l'aide d'une analyse discriminante pouvant être de type linéaire, quadratique ou réseau de neurones.

Si le modèle affecte la famille de valeurs caractérisant le fluide de  
10 composition inconnue dans une des catégories "monophasique", alors la composition du fluide de la tranche T est clairement identifiée: le fluide est composé à 100% de la phase correspondant à la catégorie "monophasique" affectée.

Si le modèle classe la famille de valeurs dans la catégorie "mélange",  
15 alors on effectue les Opérations 2 et 3.

Dans le cas où le fluide 7 est un effluent pétrolier, on classe les familles de valeurs de la base de données dans les quatre catégories suivantes: "eau", "huile", "gaz" et "mélange".

20 A partir de ce classement, le modèle affecte, par analyse discriminante, la famille de valeurs représentant les modifications du faisceau d'ondes ayant traversé le fluide de composition inconnue dans une tranche T dans l'une des catégories.

Si la famille est classée dans la catégorie "eau", alors on attribue au  
25 fluide de la tranche T la composition suivante: 100% d'eau, 0% d'huile et 0% de gaz.

Si la famille est classée dans la catégorie "huile", alors on attribue au fluide de la tranche T la composition suivante: 0% d'eau, 100% d'huile et 0% de gaz.

Si la famille est classée dans la catégorie "eau", alors on attribue au fluide de la tranche T la composition suivante: 0% d'eau, 0% d'huile et 100% de gaz.

Si la famille est classée dans la catégorie "mélange", on effectue les  
5 Opérations 2 et 3 décrites ci-après pour déterminer la composition du fluide.

Dans les opérations 2 et 3, on traite une famille de valeurs qui a été classée dans la catégorie mélange, c'est à dire que la famille de valeurs caractérise un fluide qui comporte au moins deux phases différentes.

10 On peut estimer la proportion des différentes phases en effectuant une régression sur l'intervalle 0% à 100% pour chaque phase. Pour améliorer la fiabilité du modèle, la présente invention propose de découper l'intervalle [0%; 100%] en au moins deux intervalles (Opération 2) et on effectue une régression intervalle par intervalle (Opération 3).

15

#### Opération 2:

Les familles de valeurs qui ont été classées dans la catégorie "mélange" correspondent à des mélanges polyphasiques comportant des phases en proportions comprises entre 0% et 100%. Ces familles de valeurs sont classées  
20 dans des sous-catégories. Chaque sous-catégorie regroupe les familles qui correspondent à un fluide comportant une phase dans une proportion comprise dans un intervalle fixe à l'intérieur de [0%; 100%]. De préférence, pour chaque phase, il existe au moins deux sous-catégories dont les intervalles ne se recouvrent pas et dont les intervalles recouvrent au total l'intervalle [0%;  
25 100%]. Ainsi, pour chaque phase, les familles de valeurs sont classées dans l'une des sous-catégories correspondant à un intervalle de proportion fixé.

Le classement peut être effectué à l'aide d'une analyse discriminante pouvant être de type linéaire, quadratique ou réseau de neurones.

A partir du classement en sous-catégories, on construit le modèle d'analyse discriminante permettant d'affecter l'une des sous-catégories à une famille de valeurs caractérisant un fluide de composition inconnue. En d'autres termes, le modèle indique, pour chaque phase, à quel sous-catégorie  
5 appartient la famille de valeurs caractérisant un fluide de composition inconnue. Le modèle peut être du type linéaire, quadratique ou réseau de neurones.

Dans le cas où le fluide 7 est un effluent pétrolier, on classe les familles  
10 de valeurs de la catégorie "mélange", par exemple, dans l'un des segments suivants:

- la sous-catégorie correspondant à une proportion d'eau comprise entre 0% et 30%,
- la sous-catégorie correspondant à une proportion d'eau comprise entre  
15 30% et 70%,
- la sous-catégorie correspondant à une proportion d'eau comprise entre 70% et 100%,
- la sous-catégorie correspondant à une proportion d'huile comprise entre 0% et 30%,
- 20 - la sous-catégorie correspondant à une proportion d'huile comprise entre 30% et 70%,
- la sous-catégorie correspondant à une proportion d'huile comprise entre 70% et 100%.

A partir de ce classement, un sous-modèle d'analyse discriminante  
25 affecte la famille de valeurs représentant les modifications du faisceau d'ondes ayant traversé l'effluent pétrolier dans une tranche T dans l'une des sous-catégories donnant la proportion d'eau, et dans l'une des sous-catégories donnant la proportion d'huile.

### Opération 3:

Lorsque la famille de valeurs représentant les modifications du faisceau d'ondes ayant traversé le fluide de composition inconnue dans une tranche T est classée dans l'une des sous-catégories, on détermine la proportion de la phase correspondant à cette sous-catégorie en effectuant une régression sur l'intervalle correspondant à cette sous-catégorie. La régression peut être du type linéaire, PLS ou réseau de neurones.

Par exemple, dans le cas où la famille de valeurs représentant les modifications du faisceau d'ondes ayant traversé l'effluent pétrolier dans une tranche T a été classée dans la sous-catégorie correspondant à une proportion en eau comprise entre 0% et 30%, et dans la sous-catégorie correspondant à une proportion en huile comprise entre 70% et 100%, on détermine la proportion en eau en effectuant une régression sur l'intervalle 0% à 30%, et on détermine la proportion en huile en effectuant une régression sur l'intervalle 70% à 100%.

### Etape D : Calcul des proportions globales

En connaissant les proportions des fluides situés dans chaque tranche T déterminée à l'étape C et en connaissant la géométrie des tranches T définie à l'étape C, on calcule par sommation les proportions totales de chaque phase composant le fluide de composition inconnue.

En référence à la figure 1, le volume total du fluide étudié est divisé en tranches T. Les tranches T sont définies par des volumes situés entre des plans horizontaux, les tranches étant superposées. Le volume du fluide dans chaque tranche T est connue. De plus à l'étape C, on a déterminé pour chaque tranche la composition du fluide compris dans le volume défini par cette tranche. Par exemple dans le cas d'un effluent pétrolier, à l'étape C, on a

déterminé la proportion d'eau, d'huile et de gaz contenue dans chaque tranche T. En considérant les volumes de chaque tranche et en connaissant les proportions d'eau, d'huile et de gaz comprises dans chaque tranche, on détermine les proportions globales en eau, en huile et en gaz du volume total  
5 de fluide

Etape E : Détermination de la position des couches de fluides

Dans l'application à un fluide stratifié tel qu'illustré par la figure 3, en connaissant la géométrie des tranches T définie à l'étape C et en connaissant  
10 la composition, déterminée à l'étape C, du fluide situé dans chaque tranche, on détermine la position des différentes couches de fluides.

En référence à la figure 1, le volume total du fluide étudié est divisé en tranches T. Les tranches T sont définies par des volumes situés entre des plans horizontaux, les tranches étant superposées. Ainsi, on peut déterminer  
15 la position des différentes couches de fluides en fonction de la hauteur. Plus le nombre de tranche est grand, plus la précision de la position des couches de fluides est bonne.

En réitérant les étapes A, B et C, on peut suivre l'évolution dans le  
20 temps de la composition du fluide dans les tranches T et la position des interfaces si le fluide est un fluide stratifié. Le suivi peut être effectué en temps réel et représenté visuellement.



## REVENDICATIONS

5           1) Méthode pour déterminer la composition d'un fluide contenu dans un volume, dans laquelle on effectue les étapes suivantes:

- a) on définit plusieurs tranches qui divisent ledit volume, chaque tranche comportant une partie dudit fluide,
- b) on mesure une famille de valeurs représentant les modifications d'un  
10 faisceau d'ondes ayant parcouru un trajet dans une première desdites tranches,
- c) on détermine la composition de la partie dudit fluide située dans ladite première tranche en comparant les valeurs mesurées à l'étape b) avec un ensemble de familles de valeurs préalablement déterminées, chaque famille  
15 dudit ensemble caractérise un fluide de composition connue,
- d) on répète les étapes b) et c) pour chaque tranche définie à l'étape a), et
- e) on détermine la composition globale dudit fluide à partir des compositions déterminées à l'étape c) et à partir de la définition des tranches de l'étape a).

20

2) Méthode selon la revendication 1, dans laquelle à l'étape b), on mesure l'atténuation et le déphasage d'un faisceau de micro-ondes et, dans laquelle à l'étape c), on détermine la composition du fluide situé dans ladite première tranche en comparant l'atténuation et le déphasage mesurés à l'étape b) avec  
25 un ensemble de couple de valeurs d'atténuation et de déphasage préalablement déterminées, chaque couple dudit ensemble caractérise un fluide de composition connue.

3) Méthode selon la revendication 1, dans laquelle ledit fluide comporte au moins deux phases en couches stratifiées, et dans lequel on effectue l'étape:

f) on détermine la position desdites couches à partir des compositions déterminées à l'étape c) et à partir de la définition des tranches de l'étape

5 a).

4) Méthode selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle les tranches définies à l'étapes a) sont superposées et séparées par des plans parallèles.

10

5) Méthode selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle à l'étape c) on tient compte au moins d'une des conditions suivantes: la pression, la température et la salinité dudit fluide.

15

6) Méthode selon l'une des revendications 1 à 5, dans laquelle à l'étape c) on utilise un modèle permettant d'attribuer une composition à une famille de valeurs mesurées à l'étape b), le modèle étant construit à partir dudit ensemble de familles de valeurs.

20

7) Méthode selon la revendication 6, dans laquelle on utilise un modèle statistique ou un modèle comportemental, du type linéaire, quadratique et réseau de neurones et on utilise une régression du type linéaire, PLS ou réseau de neurones.

25

8) Méthode selon la revendication 7, dans laquelle le fluide est un effluent pétrolier comportant de l'eau, de l'huile et du gaz, et dans laquelle le modèle effectue l'opération 1: la famille de valeurs est classée par analyse discriminante dans une des catégories suivantes: monophasique eau, monophasique huile, monophasique gaz ou polyphasique,

Si la famille de valeurs est classée dans une catégorie monophasique, alors la composition du fluide est déterminée

Si la famille de valeurs est classée dans la catégorie polyphasique on effectue les opérations 2 et 3 :

- 5 Opération 2 : la famille de valeurs est classée dans une sous catégorie correspondant à un fluide comportant une phase dans une proportion comprise dans un intervalle fixe à l'intérieur de [0% ; 100%]

Opération 3 : on détermine la proportion de la phase correspondant à la sous-catégorie par régression sur l'intervalle fixe.

1/2

FIG.1

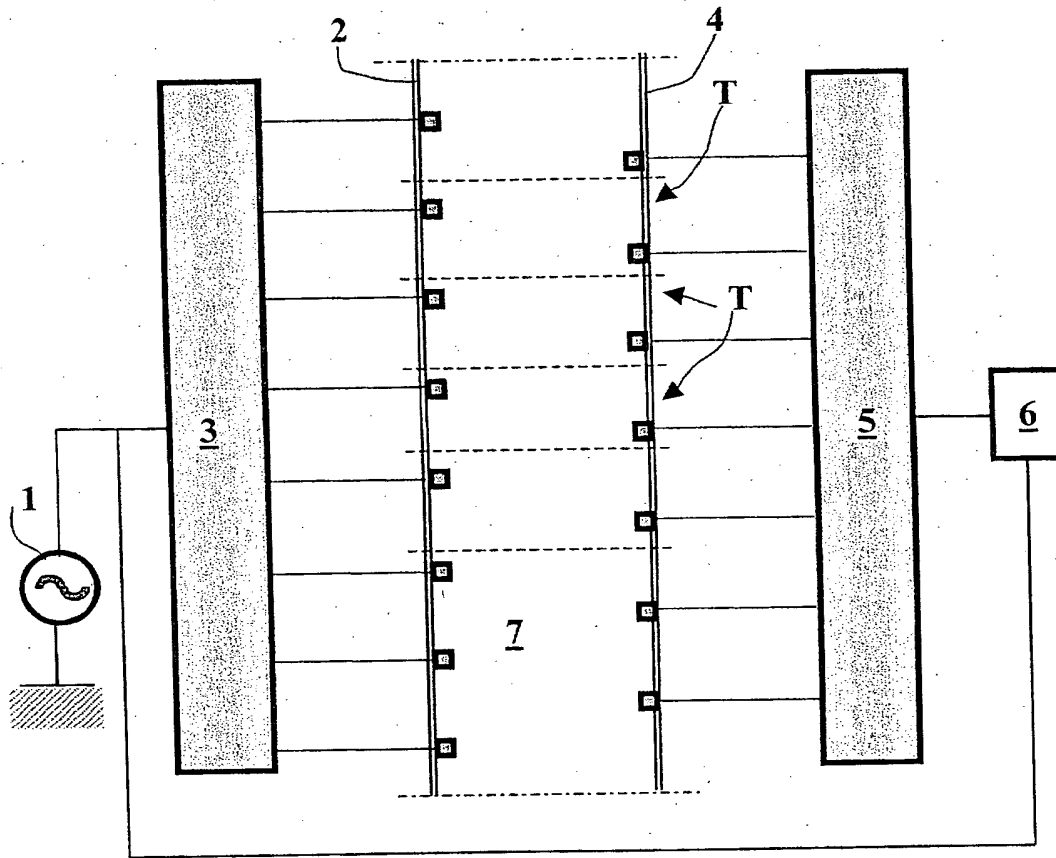


FIG.2

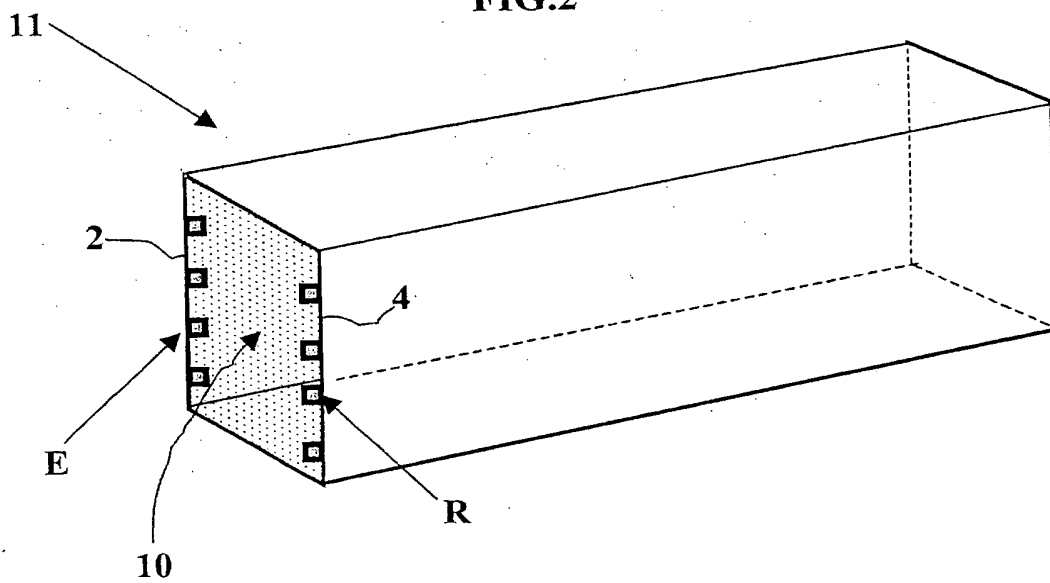


FIG.3

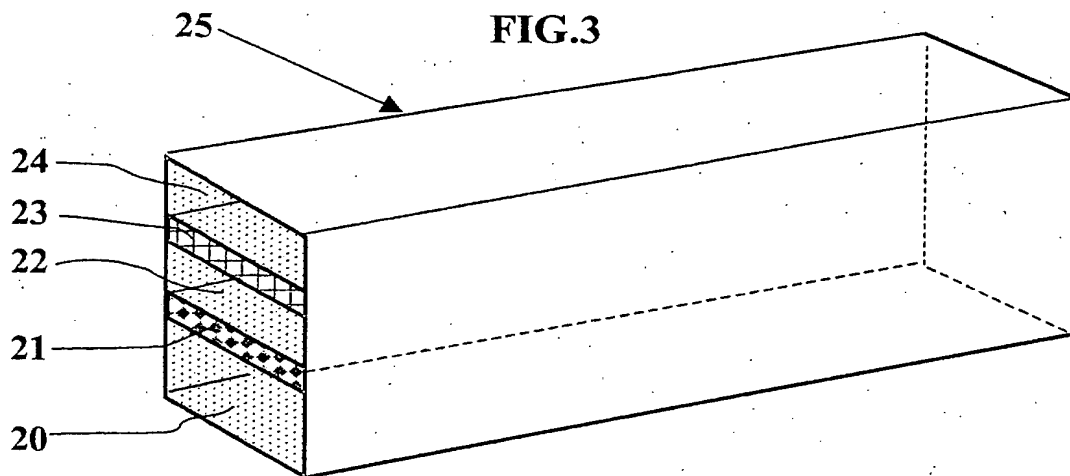
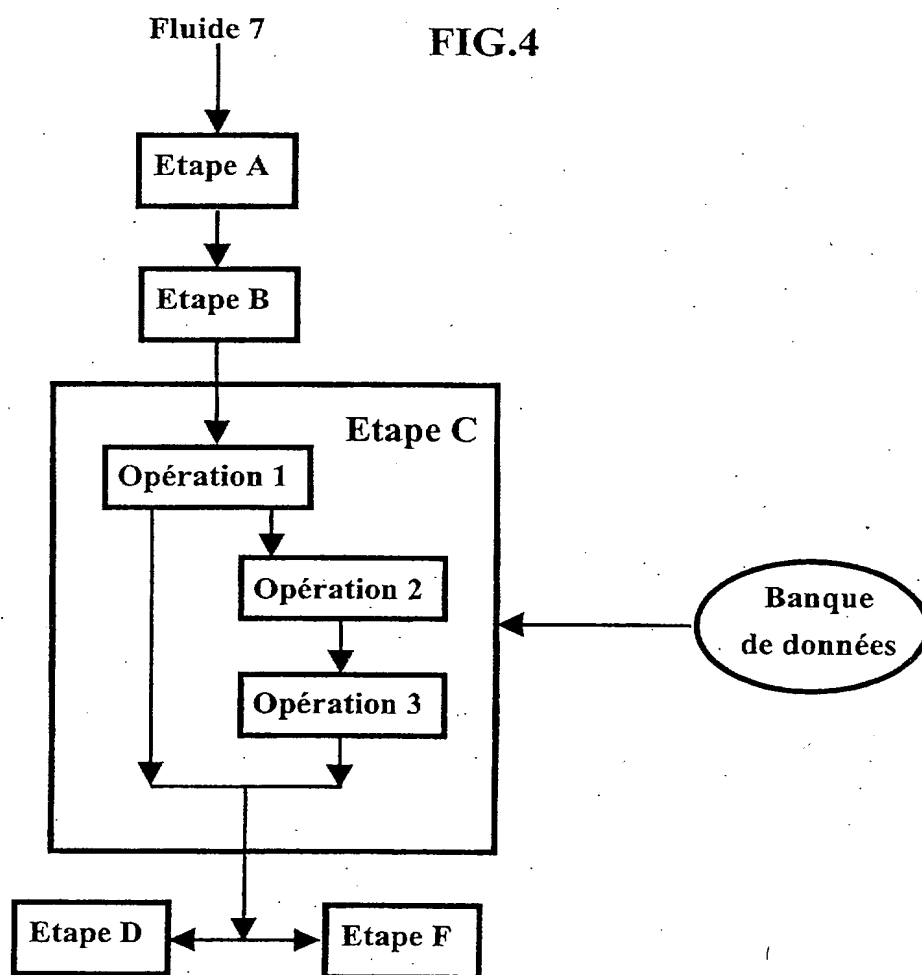


FIG.4



reçue le 13/05/03

# BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

cerf  
N° 11235\*03



DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1.../1...

(À fournir dans le cas où les demandeurs et les inventeurs ne sont pas les mêmes personnes)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 @ W / 270601



Vos références pour ce dossier (facultatif)		NAS/MB / hétérogène
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		0304268
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)		
METHODE POUR DETERMINER LA COMPOSITION D'UN FLUIDE HOMOGENE OU HETEROGENE		
LE(S) DEMANDEUR(S) :		
INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE		
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :		
1 Nom		FARAJ
Prénoms		Abdelaziz
Adresse	Rue	19 rue des Bons Raisins
	Code postal et ville	91250 RUEIL MALMAISON, FRANCE
Société d'appartenance (facultatif)		
2 Nom		CONSTANT
Prénoms		Michel
Adresse	Rue	6 rue du Laboureur
	Code postal et ville	95160 MONTMORENCY, FRANCE
Société d'appartenance (facultatif)		
3 Nom		
Prénoms		
Adresse	Rue	
	Code postal et ville	
Société d'appartenance (facultatif)		
S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez plusieurs formulaires. Indiquez en haut à droite le N° de la page suivi du nombre de pages.		
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)		
le 2 avril 2003 Alfred ELMALEH Directeur - Propriété Industrielle		

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire.  
Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.